

叶面喷施锰对春小麦生长及锰吸收转移的影响

曾建国, 李廷亮, 文涛, 王伟华, 左玉环, 李佳

(山西农业大学 资源环境学院, 山西 太谷 030801)

摘要:为了解决平衡施肥中基施锰肥有效性偏低的问题,采用盆栽试验,研究了小麦不同生育期喷施不同质量浓度锰肥对部分生理指标、小麦产量以及锰的吸收转移规律的影响,为生产高产优质小麦提供理论依据。结果表明,春小麦孕穗期至灌浆期叶面喷施质量浓度为0.2%~0.5%的 $MnSO_4$ 溶液可不同程度提高旗叶中POD、CAT活性以及叶绿素的质量分数;在孕穗期叶面喷施质量浓度为0.05%~0.2%的 $MnSO_4$ 可显著提高小麦穗粒数和千粒质量,进而提高小麦产量,且提高幅度随喷施质量浓度增加而增加;叶面喷施锰肥能提高小麦各器官的锰的质量分数,且随所施 $MnSO_4$ 质量浓度的增加而增加,小麦体内锰分布规律为:叶>颖壳>根>籽粒>茎,其中拔节期叶面喷施外源锰主要向小麦根系转移,孕穗期和灌浆期叶面喷施外源锰主要向颖壳转移,籽粒中锰的质量分数在41.8~81.1 mg/kg。综合考虑叶面喷施锰肥对小麦的生理指标、产量及锰吸收转移的作用效果,建议在春小麦孕穗期喷施质量浓度为0.2%的 $MnSO_4$ 。

关键词:叶面喷施; 锰肥; 春小麦; 产量; 锰吸收转移

中图分类号: S512.1¹

文献标志码: A

doi:10.13522/j.cnki.ggps.2017.09.005

曾建国,李廷亮,文涛,等. 叶面喷施锰对春小麦生长及锰吸收转移的影响[J]. 灌溉排水学报,2017,36(9):25-29.

0 引言

锰是植物维持正常生命活动的必需微量元素之一,锰营养的丰缺对作物的生长发育、产量及抗逆性有显著影响,锰也是多种酶的组分与活化剂,合理配施锰可提高作物产量与品质^[1-6]。土壤中锰的有效性与土壤pH值、氧化还原电位等因素有关,北方石灰性土壤中锰的有效性比较低,部分作物会表现出缺锰症状。张会民等^[7]研究表明钾锰配施可明显提高冬小麦的旗叶叶绿素质量分数、光合速率及籽粒千粒质量;杨宗飞等^[8]研究表明增施锰肥能显著增加小麦叶面积,有效防止小麦生育后期的叶片早衰,小麦增产幅度为10.24%~17.34%,但有关叶面喷施锰肥对小麦高产优质及抗性的影响研究却鲜见报道。为此,通过盆栽试验,分别在小麦拔节期、孕穗期、灌浆期叶面喷施不同质量浓度的外源锰,分析对小麦部分生理指标、产量构成及植株Mn吸收转移规律的影响,以期对小麦的高产优质生产提供一定理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验在山西农业大学资源环境学院试验站进行,供试土壤为当地农田耕层土壤,为中壤土,pH值为7.7,有机质质量分数为16.3g/kg,CEC摩尔质量浓度为23.3 cmol/kg,土壤碱解氮、速效磷、速效钾质量分数分别为45.6、14.5、214.8 mg/kg,物理性黏粒为39.5%。盆栽试验中将氮(N)、磷(P_2O_5)、钾(K_2O)按照0.15、0.10、0.15 g/kg的比例与烘干土混合,混匀后装盆,每盆装土12.5 kg。供试春小麦品种为小冰麦37号,小麦播种时间为2014年5月17日,收获时间为2014年8月27日。

在小麦拔节期(2014年6月20日)、孕穗期(2014年7月3日)和灌浆期(2014年7月20日)分别喷施0.05%、0.1%、0.2%、0.5%质量浓度的 $MnSO_4$ 溶液,各生育期每2天喷施1次,每盆喷施100 mL,共喷施3次,

收稿日期:2016-05-10

基金项目:国家级大学生创新创业训练计划项目(2014090),农业公益性行业科研专项经费项目(201303104)

作者简介:曾建国(1990-),男,河北沧州人。本科生,主要从事农业资源与环境方面的研究。E-mail: 18235446597@163.com

通信作者:李廷亮(1982-),男,山西天镇人。副教授,博士,主要从事土壤肥力与环境方面的研究。E-mail: litingliang021@163.com

同时设置不喷施MnSO₄溶液为对照。试验共设13个处理,每个处理重复4次,共52盆,为了减小试验过程中误差,在小麦苗期后每盆定苗20株,试验具体实施方案如表1所示。

表1 试验实施方案

处理	拔节期	孕穗期	灌浆期
CK	—	—	—
J-1	喷施质量浓度为0.05%的MnSO ₄ 溶液	—	—
J-2	喷施质量浓度为0.1%的MnSO ₄ 溶液	—	—
J-3	喷施质量浓度为0.2%的MnSO ₄ 溶液	—	—
J-4	喷施质量浓度为0.5%的MnSO ₄ 溶液	—	—
B-1	—	喷施质量浓度为0.05%的MnSO ₄ 溶液	—
B-2	—	喷施质量浓度为0.1%的MnSO ₄ 溶液	—
B-3	—	喷施质量浓度为0.2%的MnSO ₄ 溶液	—
B-4	—	喷施质量浓度为0.5%的MnSO ₄ 溶液	—
F-1	—	—	喷施质量浓度为0.05%的MnSO ₄ 溶液
F-2	—	—	喷施质量浓度为0.1%的MnSO ₄ 溶液
F-3	—	—	喷施质量浓度为0.2%的MnSO ₄ 溶液
F-4	—	—	喷施质量浓度为0.5%的MnSO ₄ 溶液

1.2 测定项目及方法

过氧化物酶(POD)、过氧化氢酶(CAT)活性和叶绿素质量分数的测定^[9]:分别在小麦拔节期、孕穗期、灌浆期喷施不同质量浓度的MnSO₄,7 d后采集小麦旗叶。用愈创木酚比色法测定小麦叶片POD活性,用碘量滴定法测定CAT活性,用酒精直接浸提比色法测定小麦叶片中叶绿素的质量分数。

小麦产量的测定:在成熟期,将土培小麦连根取出,去除根上土壤,自来水冲洗,并经蒸馏水洗涤,吸水纸吸干,然后用剪刀将植株地上部及根部分开并晾干,110℃杀青30 min然后60℃烘干至恒质量,称取各器官生物量,同时对小麦产量要素进行考种。

小麦各器官中Mn的质量分数的测定^[10]:将小麦根、茎、叶、颖壳、籽粒利用干灰化法处理,然后用ICP-OES(美国PE公司-5300DV)测定各器官样品中Mn的质量分数。

1.3 计算公式

TF为小麦各器官锰质量分数的比值,主要有 $TF_{\text{root/total}}$ (根/总量), $F_{\text{wheat straw/total}}$ (麦秆/总量), $TF_{\text{leaves/total}}$ (叶/总量), $TF_{\text{glume/total}}$ (颖壳/总量), $TF_{\text{grain/total}}$ (籽粒/总量)。

1.4 试验统计分析

试验数据用Excel2013进行处理,用DPS软件通过Duncam's新复极差法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 叶面喷施锰肥对小麦叶片POD、CAT活性及叶绿素质量分数的影响

CAT、POD作为细胞防御活性氧毒害酶系统组分,通过酶促降解H₂O₂,减少其对细胞的氧化毒害。因此,CAT、POD活性反映一定时期植物体内的代谢及抗逆性的变化。由表2可知,小麦叶片中CAT活性随着小麦生长发育总体呈现先增后降的趋势,以孕穗期活性最高,为10.3~14.1 mg/(g·min),这与王贺正等^[11]研究结果一致;POD活性则呈现逐渐增加的趋势,原因可能是POD能使植物组织中所含有的一些碳水化合物转化为木质素,增加植物木质化程度^[12]。拔节期叶面喷施不同质量浓度的MnSO₄对小麦旗叶中CAT、POD活性影响不显著,但CAT、POD活性随MnSO₄质量浓度提高呈增加趋势。孕穗期叶面喷施不同质量浓度MnSO₄可显著提高叶片中CAT、POD活性,其中以0.5% MnSO₄下的POD活性和0.2% MnSO₄下的CAT活性最高,较CK分别提高89.9%和37.1%。但灌浆期叶面喷施0.2%~0.5% MnSO₄对2种酶活性的影响差异均不显著。可见,适量的锰可增强CAT和POD活性,这与杜新民^[13]和张胜珍^[14]等研究结果一致。

叶片中叶绿素的质量分数由拔节期至孕穗期迅速增加,孕穗期至灌浆期缓慢增加,表明小麦的光合作用逐渐增强。拔节期叶面喷施锰肥对叶绿素质量分数影响不明显,平均值为0.149%。孕穗期和灌浆期随喷施MnSO₄质量浓度的增加,叶片中叶绿素的质量分数也逐渐增加,均以0.2% MnSO₄处理叶绿素质量分数最高,分别较对照增加22.5%和42.0%。表明叶面喷施一定质量浓度锰肥可提高叶绿素质量分数,延缓叶片衰

老,增加光合作用时间,这与孟宝国等^[15-16]研究结果一致。

表2 叶面喷施锰肥对小麦叶片POD、CAT活性和叶绿素质量分数的影响

处理	POD活性/(mg·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	CAT活性/(mg·g ⁻¹ ·min ⁻¹)	叶绿素质量分数/%	
拔节期	J-1	1.79±0.01 b	3.72±0.05 c	0.143±0.007 b
	J-2	2.79±0.04 a	3.85±0.07 b	0.151±0.001 ab
	J-3	2.83±0.08 a	3.87±0.07 b	0.162±0.003 a
	J-4	2.95±0.03 a	3.92±0.10 a	0.159±0.004 a
	J-CK	1.93±0.05 b	3.75±0.01 c	0.140±0.002 b
孕穗期	B-1	4.04±0.09 d	11.72±0.07 c	0.220±0.010 abc
	B-2	4.67±0.06 c	11.03±0.01 d	0.240±0.007 ab
	B-3	5.05±0.05 b	14.09±0.04 a	0.245±0.006 a
	B-4	6.04±0.06 a	13.06±0.03 b	0.218±0.006 bc
	B-CK	3.18±0.05 e	10.28±0.05 e	0.200±0.009 c
灌浆期	F-1	3.81±0.08 b	10.11±0.04 a	0.210±0.004 a
	F-2	4.39±0.10 a	10.14±0.02 a	0.178±0.003 b
	F-3	4.44±0.07 a	9.92±0.05 bc	0.203±0.005 a
	F-4	4.63±0.07 a	10.01±0.07 ab	0.200±0.004 a
	F-CK	3.42±0.04 c	9.80±0.04 c	0.143±0.011 c

注 同一生育期同列不同小写字母表示不同处理在5%水平下差异显著。

2.2 叶面喷施锰对小麦株高及产量构成的影响

由表3可知,在拔节期、孕穗期和灌浆期喷施不同质量浓度MnSO₄对小麦株高无显著影响,3个处理株高平均值分别为68.0、70.3和66.5 cm,但叶面喷施锰肥对小麦产量有一定影响,孕穗期喷施锰肥效果最佳,增产幅度为17%~52%,其中喷施0.2% MnSO₄的增产幅度最高;其次为灌浆期,增产幅度为11%~22%;拔节期喷施不同质量浓度MnSO₄对小麦产量无显著影响。

表3 叶面喷施锰肥对小麦株高、千粒质量、穗粒数、产量的影响

处理	株高/cm	千粒质量/g	穗粒数/(粒·穗 ⁻¹)	产量/(g·盆 ⁻¹)
J-1	66.3±2.5 c	39.24±0.11 gh	32.67±0.14 c	25.64±0.21 f
J-2	72.7±2.5 ab	39.25±0.21 gh	32.57±0.13 c	25.56±0.25 f
J-3	66.4±2.2 c	39.54±0.10 gh	32.67±0.11 c	25.83±0.05 f
J-4	66.7±0.3 c	38.88±0.28 h	32.76±0.08 c	25.48±0.23 f
B-1	67.4±1.8b c	44.75±0.26 d	32.79±0.12 c	29.34±0.28 d
B-2	67.2±2.4 bc	44.03±0.25 e	37.56±0.15 a	33.09±0.41 b
B-3	69.7±3.9 bc	50.38±0.22 a	37.71±0.11 a	37.99±0.35 a
B-4	77.0±7.8 a	39.67±0.21 g	37.00±0.13 b	29.36±0.31 d
F-1	67.8±3.0 bc	45.50±0.27 c	32.50±0.15 c	29.58±0.40 cd
F-2	65.0±2.5 c	42.45±0.17 f	32.76±0.09 c	27.82±0.23 e
F-3	67.8±5.0 bc	46.45±0.21 b	32.75±0.12 c	30.43±0.32 c
F-4	65.3±1.8 c	39.56±0.11 g	32.60±0.10 c	25.15±0.63 f
CK	67.2±3.4 bc	39.05±0.23 gh	32.48±0.08 c	25.04±0.19 f

注 同列不同小写字母表示不同处理在5%水平下差异显著,下同。

从产量构成来看,孕穗期和灌浆期喷施0.05%~0.2%的MnSO₄对小麦千粒质量有显著影响,提高幅度为9%~29%,其中以孕穗期叶面喷施0.2% MnSO₄效果最佳,增产幅度为29%,拔节期喷施不同质量浓度的MnSO₄之间无显著差异。叶面喷施锰肥对小麦穗粒数亦有一定影响,尤其在孕穗期喷施0.1%~0.5%的MnSO₄可显著提高小麦的穗粒数,提高幅度为14%~16%,原因可能是孕穗期适量的锰吸收促进了叶片光合作用及光合产物的转移,但拔节期和灌浆期叶面喷施锰肥对小麦穗粒数影响不显著。

2.3 叶面喷施锰对小麦体内锰分布转移及籽粒锰富集的影响

表4为收获期各处理下小麦不同器官中锰的质量分数的情况。由表4可知,叶面喷施锰肥能提高小麦各器官的锰的质量分数,小麦各器官锰的质量分数整体呈现随着所施MnSO₄质量浓度的增加而增加。其中,籽粒中锰的质量分数为41.8~81.1 mg/kg。灌浆期喷施锰肥对小麦籽粒的锰的质量分数影响最显著,以

喷施0.5% MnSO₄的影响最大,各器官锰的质量分数的分布模式为:叶>颖壳>根>籽粒>茎。拔节期小麦各器官锰的质量分数的分布模式为:叶>根>颖壳>籽粒>茎秆,但不同质量浓度的MnSO₄处理之间对小麦各器官(叶除外)锰无显著差异,其中籽粒锰的质量分数较CK提高幅度为43%~47%。孕穗期喷施MnSO₄溶液小麦籽粒锰的质量分数较CK提高49%~84%,小麦各器官的锰的质量分数整体高于拔节期,各器官锰的质量分数表现为叶>颖壳>根>籽粒>茎。且灌浆期叶面喷施外源锰处理下小麦各器官锰的质量浓度均高于拔节期和孕穗期叶面喷施锰处理,可能是因为灌浆期是小麦吸收锰及其他养分的高峰期^[17]。

表4 不同叶面喷施锰处理下小麦各个器官锰的质量分数

处理	根	茎	叶	颖壳	籽粒
J-1	71.0±4.7 bc	24.8±5.6 def	80.9±3.1 k	69.6±7.0 g	41.8±1.7 e
J-2	73.5±2.6 bc	26.7±4.7 de	95.9±1.8 j	73.2±2.7 g	44.6±3.3 e
J-3	78.1±0.5 bc	24.6±2.4 def	122.3±8.9 i	72.2±1.8 g	44.4±1.1 e
J-4	82.0±3.9 b	29.6±3.5 cd	224.5±7.6 h	72.1±2.0 g	43.2±2.1 e
B-1	70.8±3.8 bc	21.9±2.8 ef	290.9±2.4 g	70.5±0.9 g	45.3±0.3 e
B-2	76.4±1.8 bc	22.2±2.1 ef	314.8±5.6 f	98.5±3.0 f	45.1±0.8 e
B-3	82.4±2.5 b	22.4±1.3 ef	384.1±3.4 d	117.3±4.5 e	55.7±8.8 d
B-4	103.4±9.3 a	30.9±3.9 bcd	441.3±7.5 b	161.5±9.0 d	56.7±8.4 d
F-1	66.3±1.0 cd	22.6±0.9 ef	365.8±4.2 e	120.2±3.4 e	48.0±3.0 e
F-2	72.8±0.8 bc	36.5±4.9 b	394.3±1.8 d	185.1±2.7 c	63.5±2.9 c
F-3	78.0±1.1 bc	35.3±5.9 bc	414.3±2.2 c	234.8±3.4 b	78.7±1.2 b
F-4	82.8±3.3 b	90.8±7.3 a	484.5±2.8 a	268.9±9.2 a	81.3±3.4 a
CK	56.5±1.7 d	19.3±0.7 f	64.3±1.1 l	47.4±1.1 h	30.3±2.2 f

从生物转移因子来看(表5),从拔节期到孕穗期小麦吸收的锰主要分配在叶片中,且转移因子随生育期延长逐渐降低;锰在小麦茎秆中的分配从拔节期到孕穗期呈升高趋势,孕穗期到灌浆期逐渐降低;小麦籽粒中锰的分配随小麦生育期的延长呈升高趋势,在成熟期达40%以上。原因可能是孕穗期后小麦所吸收养分主要作用于生殖生长,这与党红凯^[17]研究结果一致。

表5 不同浓度外源锰处理的生物转移因子(TF)

处理	TF _{根/总量}	TF _{麦秆/总量}	TF _{叶子/总量}	TF _{颖壳/总量}	TF _{籽粒/总量}
J-1	0.10	0.11	0.44	0.07	0.28
J-2	0.12	0.08	0.42	0.08	0.30
J-3	0.10	0.08	0.44	0.07	0.31
J-4	0.11	0.09	0.48	0.06	0.26
B-1	0.06	0.14	0.42	0.10	0.28
B-2	0.06	0.11	0.40	0.11	0.32
B-3	0.07	0.10	0.41	0.08	0.34
B-4	0.07	0.11	0.43	0.07	0.32
F-1	0.05	0.07	0.30	0.16	0.42
F-2	0.05	0.08	0.27	0.18	0.42
F-3	0.04	0.08	0.31	0.16	0.41
F-4	0.06	0.09	0.36	0.11	0.38
CK	0.18	0.08	0.22	0.12	0.40

3 讨论与结论

锰是植物体内重要生命元素之一,对植物的光合放氧、活化酶活性以及维持细胞器的正常结构等有不可替代的作用,配施一定量的锰肥可以提高作物产量。对于北方石灰性土壤,锰肥的叶面喷施较土壤基施具有更好的增产效果,同时可提高锰的吸收利用效率。马生军等^[16]研究表明,喷施一定质量浓度的锰肥可以提高小麦叶片中叶绿素质量分数及POD和CAT活性,这主要因为锰是叶绿素的组成成分,对叶绿素正常发育与功能的稳定起着重要作用,适度的锰可清除叶片细胞产生的活性氧,使细胞的膜脂减少过氧化的损伤。刘蒙蒙等^[2]研究表明,施锰肥可以提高小麦对锰的吸收,也增加对穗部的运输量。

研究表明,叶面喷施适量的锰肥可以增强小麦叶片POD和CAT活性,其中以孕穗期0.5% MnSO₄质量浓度下的POD活性和0.2% MnSO₄质量浓度下的CAT活性最高,孕穗期和灌浆期随喷施MnSO₄质量浓度的增

加叶片中叶绿素的质量分数也逐渐增加,均以0.2% MnSO₄处理最高。

从增产效果来看,以孕穗期喷施0.2%质量浓度的MnSO₄处理最佳,原因是该生育阶段叶面喷施外源锰可以一定程度上提高小麦穗粒数,并且延长灌浆时间,提高千粒重,原因主要是锰素是组成叶绿素的成分,充足的锰可以提高小麦叶片的光合作用能力,促进小麦的生长发育。

叶面喷施锰肥可促进锰的吸收累积,不同处理下各器官锰含量的分布模式总体表现为:叶>颖壳>根>籽粒>茎,孕穗期后期叶面喷施外源锰主要向颖壳转移,其次是根,麦秆最低。综合考虑,在小麦孕穗期喷施0.2% MnSO₄对小冰麦37号的产量和锰的吸收累积影响最大。

参考文献:

- [1] 许文博,邵新庆,王宇通,等. 锰对植物的生理作用及锰中毒的研究进展[J]. 草原与草坪, 2011, 31(3):5-14.
- [2] 刘蒙蒙. 不同形态氮肥与锰肥配施对小麦的营养效应[D]. 郑州:河南农业大学, 2012.
- [3] 杨喜. 钾肥和锰肥对涡阳县小麦产量的影响[J]. 现代农业科技, 2011(9):54.
- [4] 马闯, 介晓磊, 刘世亮, 等. 喷施硫酸锰对紫花苜蓿产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2011(1):44-48.
- [5] GRAYBOSCH R, AMES N, BAENZIGER P S, et al. Genotypic and Environmental Modification of Asian Noodle Quality of Hard Winter Wheats[J]. Cereal Chemistry, 2004, 81(1):19-25.
- [6] 周相玉,冯文强,秦鱼生,等. 镁、锰、活性炭和石灰及其交互作用对小麦镉吸收的影响[J]. 生态学报, 2013, 33(14):4 289-4 296.
- [7] 张会民. 钾锰配施对旱地冬小麦生长发育及产量品质的影响研究[D]. 杨凌:西北农林科技大学, 2004.
- [8] 杨宗飞. 微量元素锰对小麦产量的影响研究[J]. 云南农业科技, 2006(6):13-14.
- [9] 高峻凤. 植物生理学实验指导[M]. 第一版. 北京:高等教育出版社, 2006.
- [10] 鲍士旦. 土壤农化分析[M]. 第三版. 北京:中国农业出版社, 2000.
- [11] 王贺正, 张钧, 吴金芝, 等. 不同氮素水平对小麦旗叶生理特性和产量的影响[J]. 草业学报, 2013, 22(4):69-75.
- [12] CHRISTENSE J H, BAUW G, WELINDER K G, et al. Purification and Characterization of Peroxidases Correlated with Lignification in Poplar Xylem[J]. Plant Physiol, 1998, 118:125-135.
- [13] 杜新民. 锌锰配施对小白菜硝酸还原酶和抗氧化酶活性的影响[J]. 农业与技术, 2010, 30(4):52-56.
- [14] 张胜珍, 王晓英, 客绍英. 硫酸锰浸种对黑柴胡种子萌发及抗氧化酶活性的影响[J]. 河南农业科学, 2015, 44(2):111-114.
- [15] 孟宝国. 锰对小麦产量和经济性状的影响初探[J]. 现代农业科技, 2007(17):139.
- [16] 马生军, 程新宇, 谢景, 等. 锰营养对甘草光合特性和抗氧化酶活性的影响[J]. 现代中药研究与实践, 2014, 28(6):7-10.
- [17] 党红凯. 超高产栽培条件下冬小麦对锰的吸收、积累和分配[J]. 植物营养与肥料学报, 2010, 16(3):575-583.

Impact of Spraying Manganese Fertilizer on Leaf on Growth, Absorption and Transfer of Manganese in Spring Wheat

ZENG Jianguo, LI Tingliang, WEN Tao, WANG Weihua, ZUO Yuhuan, LI Jia
(College of Resources and Environment, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, China)

Abstract: The use efficiency of manganese is very low when applied as base fertilizer in calcareous soil. Using pot experiments, this paper investigated the efficacy of spraying MnSO₄ at different concentrations on the leaf of spring wheat at different growth stages in improving its physiological traits, yield, as well as absorption and transfer of the manganese. The results showed that leaf-spraying MnSO₄ solution at 0.2% to 0.5% concentration from jointing stage to filling stage increased the activities of peroxidase and catalase, as well as the content of chlorophyll. Leaf-spraying MnSO₄ solution at 0.05% to 0.2% concentration at booting stage significantly improved the grains per spike and 1000-grain weight. Also, leaf-surface spraying improved the yield and the manganese content in different organs. With the increase in MnSO₄ concentration, the distribution of manganese in the plant organs was in the order of leaf>glume>root>seed>stem. The manganese sprayed at the jointing stage was transferred mainly to the roots, while those sprayed at booting and filling stages were transferred to the glume and the content of manganese in the grain varied from 41.8 to 81.1 mg/kg. Considering improvement in physiological traits, yield and manganese absorption and transfer, spraying MnSO₄ with 0.2% concentration at the booting stage is effective for improving yield and grain quality.

Key words: spraying manganese fertilizer; spring wheat; physiological index; yield; absorption and transfer of manganese

责任编辑:赵宇龙